

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 02 SEP 2004

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 37 455.8

**Anmeldetag:**

14. August 2003

**Anmelder/Inhaber:**ASM Automation Sensorik Messtechnik GmbH,  
Moosinning/DE**Bezeichnung:**

Vereinfachter Positionssensor

**IPC:**

G 01 B 7/14

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 15. Dezember 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Agurks

Anmelder: ASM Automation Sensorik Messtechnik GmbH  
Unsere Akte: 58828 AL/OL

5

## Vereinfachter Positionssensor

### I. Anwendungsgebiet

- 10 Die Erfindung betrifft Positionssensoren, insbesondere deren Detektoreinheit, basierend auf dem Prinzip der Laufzeitmessung von mechanisch-elastischen Impulsen in einem Wellenleiter, die außer diesem Wellenleiter ein relativ hierzu bewegliches, die mechanisch-elastische Welle erzeugendes oder detektierendes, Positionselement umfassen.

15

### II. Technischer Hintergrund

- 20 Der Wellenleiter besteht in der Regel aus einem Rohr, einem Draht oder einem Band, und kann auch als elektrischer Leiter dienen. Der Wellenleiter kann weiterhin in einem formgebenden, linearen oder kreisförmigen, Körper aus nicht-magnetischem Material, z. B. Kunststoff oder Metall zur Aufnahme und Lagerung des Wellenleiters angeordnet sein.

- 25 Basierend auf dem Wiedemann-Effekt erzeugt ein in den Wellenleiter eingespeister Strom bei seiner Überlagerung mit einem lateral auf den magnetostriktiven Wellenleiter gerichteten externen Magnetfeld, welches vom Positionselement, insbesondere einem Positionsmagneten herrührt, einen Torsionsimpuls einer mechanisch-elastischen Welle, der sich mit etwa 2.500 m/s - 6.000 m/s vom Ort der Entstehung, also z.B. der Position des Positionselementes, in beide Richtungen  
30 entlang des Wellenleiters ausbreitet.

- An einer Stelle, üblicherweise an einem Ende des Wellenleiters, wird insbesondere der Torsionsanteil dieses mechanisch-elastischen Impulses von einer Detektoreinheit, die sich meist in fester Position bezüglich des Wellenleiters befindet, erfaßt. Die Zeitdauer zwischen der Auslösung des Erregerstromimpulses und dem
- 5 Empfang des mechanischen Impulses ist dabei ein Maß für den Abstand des verschiebbaren Positionselementes, z. B. des Positionsmagneten von der Detektoreinrichtung oder auch der Spule bzw. des Elektromagneten.

Ein typischer solcher Sensor ist im US-Patent 896 714 beschrieben.

10

- Das Hauptaugenmerk der vorliegenden Erfindung liegt auf der Detektoreinrichtung. Diese umfaßt eine Detektor-Spule, die entweder um den Wellenleiter herum angeordnet ist oder als sogenannter Villary-Detektor um ein Villary-Bändchen herum angeordnet ist, welches quer, insbesondere im 90°-Winkel, vom Wellenleiter
- 15 abstrebt und mit diesem so verbunden, insbesondere mechanisch fixiert, z. B. verschweißt ist, daß der entlang des Wellenleiters laufende Torsionsimpuls im Villary-Bändchen in eine longitudinale Welle transformiert wird. Eine solche longitudinale Welle staucht bzw. dehnt das Villary-Bändchen elastisch im kristallinen Bereich, und verändert daher dessen Permeabilität  $\mu$ . Das Villary-Bändchen besteht zu
- 20 diesem Zweck aus Material mit möglichst hoher magnetischer Permeabilität  $\Delta\mu_r$ , z. B. aus Nickel oder einer Nickel-Legierung.

- Die ein magnetoelastisches Element, z.B. das Villary-Bändchen, durchlaufende Dichtewelle äußert sich somit in einer Spannungsänderung  $\Delta U$ , die als Nutzsignal
- 25 an der Detektorspule abgegriffen werden kann.

Wie ersichtlich, ist das Nutzsignal  $\Delta U$  umso größer, je größer die Änderung der magnetischen Permeabilität  $\Delta\mu_r$  ausfällt.

- 30 Zusätzlich ist als Arbeitspunkt bzw. Arbeitsbereich ein solcher Bereich der Kurve  $\Delta\mu_r(H)$ , also der magnetischen Permeabilität aufgetragen über der magnetischen Feldstärke, erwünscht, in dem sich die magnetischen Permeabilität  $\Delta\mu_r$  möglichst linear, relativ zur Ursache aber möglichst stark verändert, weshalb versucht wird,

die Funktion  $\Delta\mu_r(H)$  in der Anstiegsflanke möglichst steil auszubilden und den Arbeitsbereich dort, im annähernd linearen Bereich, zu etablieren.

- 5 Im Stand der Technik wird zum Einstellen des Arbeitspunktes ein sogenannter Bias-Magnet in Form eines Dauermagneten in räumlicher Nähe zur Detektorspule, z.B. parallel zum Villary-Bändchen, angeordnet.

- 10 Der Arbeitspunkt der magneto-elastischen Detektoreinheit hängt neben den magnetischen Parametern des Bias-Magneten hauptsächlich von dessen Positionierung relativ zur Detektor-Spule ab.

- 15 Dies ist in mehrfacher Hinsicht nachteilig, beispielsweise beim Einsatz des Position-Sensors an Stellen, die mechanische, insbesondere dynamischen mechanischen, Belastungen unterworfen sind oder auch thermischen Belastungen, welche die magnetischen Parameter des Bias-Magneten verändern und insbesondere dessen Alterungsprozess, die ebenfalls eine Änderung der magnetischen Parameter zur Folge haben, beschleunigen.

- 20 Zusätzlich sind alle bei der Herstellung des Bias-Magneten auftretenden Formabweichungen von der Sollform in gleicher Weise nachteilig. Gleiches gilt für die herstellungsbedingten Streuungen der magnetischen Parameter bei der Herstellung des Bias-Magneten.

- 25 Ein weiterer Nachteil bestand darin, dass bei zu starker Annäherung des Positionsmagneten an die Detektorspule der Arbeitspunkt negativ verändert wird. Bei der Detektoreinrichtung gemäß dem Stand der Technik musste daher der Wellenleiter über den Messbereich, innerhalb dessen sich der Positionsmagnet hin und her bewegen konnte, hinaus so weit verlängert werden, dass sich die Detektoreinheit mit der Detektorspule ausreichend weit vom Messbereich entfernt befand, um 30 Störbeeinflussungen auf ein beherrschbares Maß zu reduzieren. Dadurch ergab sich jedoch immer eine Gesamtlänge des Positionssensors, die deutlich größer war als sein Messbereich.

Während in der Vergangenheit hauptsächlich die Bauformen mit dem quer vom Wellenleiter abstehenden Villary-Bändchen, welches von der Detektorspule umschlossen wurde, verbreitet waren aufgrund der dabei erzielbaren hohen Amplitude, hat dies den Nachteil eines aufwendigen Herstellungsprozesses.

5

In der Vergangenheit war es bereits bekannt, den Wellenleiters selbst entweder mit einem massiven Querschnitt, also als Draht, oder auch mit einem hohlen Querschnitt, also als Rohr, zu verwenden. Bei Verwendung des Wellenleiters auch als elektrischer Leiter wurde dabei die Vorform bevorzugt, da hierdurch im

10

Inneren des rohrförmigen elektrischen Leiters kein vom elektrischen Strom erzeugtes Magnetfeld vorhanden war.

### III. Darstellung der Erfindung

#### 15 a) Technische Aufgabe

Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Positions-Sensor dieses Bauprinzips so zu vereinfachen, dass trotz deutlich geringerem Fertigungsaufwand die Funktion mit ausreichender Genauigkeit gewährleistet ist.

20

#### b) Lösung der Aufgabe

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruches 1 gelöst. Vorteilhafte

25

Ausführungsformen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

30

Es hat sich wider Erwarten herausgestellt, dass bei Verwendung eines elektrisch leitfähigen Wellenleiters, der gleichzeitig als elektrischer Leiter dient, bei coaxialer Anordnung der Detektorspule direkt auf dem elektrischen Leiter und Anordnung einer entsprechenden Abschirmung um die Detektorspule herum, insbesondere in Form eines Flussleitstückes, sich das Nutzsignal ausreichend stark von den vorhandenen Störsignalen unterscheiden lässt, insbesondere wenn die Abschirmung die Detektorspule möglichst dicht umschließt.

Dabei kann auf eine Strombeaufschlagung der Detektorspule nicht nur verzichtet werden, sondern diese wirkt sich sogar negativ aus, und auch auf eine Kompensation der sich nach in Betrieb setzen des Sensors verändernden Temperatur innerhalb der Detektoranordnung kann ebenfalls verzichtet werden.

Somit wird die Detektorspule in einem Endbereich coaxial auf dem drahtförmigen Wellenleiter angeordnet und – vorher oder nachher – mit der Abschirmung, insbesondere mittels eines ebenfalls zylindrischen Flussleitkörpers versehen. Nach An-  
 10 schließen der Detektorspule an eine Detektorschaltung ist – nach geeigneter Lagerung des Wellenleiters – der Sensor funktionstüchtig.

### c) Ausführungsbeispiele

15 Ausführungsformen gemäß der Erfindung sind im Folgenden beispielhaft näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1: Eine Prinzipdarstellung des erfindungsgemäßen Positionssensors und

20 Fig. 2: einen Querschnitt durch den Wellenleiter 3.

Fig. 1 zeigt den gesamten Positionssensor, bestehend aus dem in Messrichtung verlaufenden Wellenleiter 3 und auf dessen einem Ende befestigten Sensorkopf sowie der mit dem Sensorkopf verbundenen Detektorschaltung 50.

25

Die Detektorschaltung 50 kann dabei örtlich getrennt von der Wellenleitereinheit angeordnet sein, und muss lediglich über zwei elektrische Leiter mit der Detektorspule 5 verbunden sein.

30 Der Positionssensor misst die Position des in Messrichtung 10 kontaktlos entlang der Wellenleitereinheit verschiebbaren Positionsmagneten 28 relativ zum Sensorkopf des Wellenleiters 3, also zur Detektorspule 5.

Der Wellenleiter 3 weist wenigstens abschnittsweise, insbesondere über seine gesamte Länge einen massiven Querschnitt von vorzugsweise kreisrunder Außenkontur auf, wie in Fig. 2 dargestellt.

- 5 In seinem Verlauf ist der Wellenleiter 3 z. B. in einem Stützrohr 4 aufgenommen, welches beispielsweise einen deutlich größeren Innendurchmesser besitzt als der Außendurchmesser des Wellenleiters 3, und in dem der Wellenleiter 3 coaxial positioniert ist durch Anordnung eines schlauchförmigen Abstandshalters 2 aus elektrisch nicht leitendem und nicht magnetischem Material, insbesondere einem
- 10 Kunststoffmaterial, welches coaxial um den Wellenleiter 3 herum und innerhalb des Stützrohres 4 angeordnet ist.

Das vom Detektorkopf und damit der Detektorspule 5 abgewandte freie Ende des Wellenleiters 3 ist in einer speziellen Dämpfungsanordnung 7 aufgenommen.

15

Die Detektorspule 5 ist coaxial auf dem Wellenleiter 3 angeordnet, berührt diesen jedoch nicht, so dass dazwischen eine Distanzhülse aus elektrisch nicht leitendem Material angeordnet ist.

- 20 Bei der Detektorspule 5 können die Wicklungen in Ebenen quer zur Längsrichtung 10 angeordnet sein, oder auch – bei Ausbildung der Detektorspule 5 als Toroid-Spule – in Ebenen entlang der Längsrichtung 10.

- Der Wellenleiter 3 kann nur auf einer Stirnseite die Detektorspule 5 verlassen, wie
- 25 in der unteren Variante der Fig. 1 dargestellt, oder die Detektorspule 5 auch in Längsrichtung komplett durchdringen, wie in der oberen Variante dargestellt.

- Abhängig davon weist der Flussleitkörper 30 nur eine einzige oder zwei gegenüberliegende stirnseitige Öffnungen 5a, 5a' für das Ein- und ggf. auch Austreten des
- 30 Wellenleiters 3 und ggf. dessen Isolierhülse gegenüber der Detektorspule auf, und darüber hinaus wenigstens eine Öffnung 5b zum Hindurchführen der elektrischen Anschlüsse von der Detektorspule 5 zur Auswerteschaltung 50.

Dabei kann der Flussleitkörper 30 – wie in Fig. 1 unten dargestellt – aus zwei Halbschalen mit Trennebene parallel zur Längsrichtung 10 bestehen oder auch aus einem topfförmigen Gehäuse mit stirnseitigem Abschlussdeckel, wie in der oberen Variante der Fig. 1 dargestellt.



## BEZUGSZEICHENLISTE

5

1

2 Stützschauch

3 Wellenleiter

4 Stützrohr

10

5 Detektorspule

5a, 5a' Wellenleiter-Öffnung

5b Anschluss-Öffnung

7 Dämpfungsanordnung

10 Längsrichtung

15

28 Positionsmagnet

30 Flussleitkörper

50 Auswerteschaltung

105 Detektoranordnung

## PATENTANSPRÜCHE

5

1. Positions-Sensor nach dem Laufzeitprinzip einer mechanischen elektrischen Welle mit

- einem Wellenleiter (3),
- einer am Wellenleiter (3) angeordneten Detektorspule (5), die ebenso wie eine Defektorschaltung (50) Teil einer Defektoranordnung (105) ist,
- einem Positionselement, z. B. einem Positionsmagneten (28), welcher entlang des Wellenleiters (3) bewegbar ist

10

dadurch gekennzeichnet, dass

- der Wellenleiter (3) aus elektrisch leitendem Material besteht und einen massiven Querschnitt besitzt,
- die Detektorspule (5) im Detektorbereich coaxial auf dem Wellenleiter (3) angeordnet ist und
- der Detektorspule (5) eine Abschirmung, insbesondere in Form eines Flussleitkörpers (30), zugeordnet ist, zum Abschirmen gegen unerwünschte Magnetfelder.

15

20

2. Positionssensor nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, dass

der Querschnitt des Wellenleiters (3) insbesondere über den gesamten Messbereich

25

reich massiv ist.

3. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass

die Abschirmung, insbesondere der Flussleitkörper (30), die Detektorspule (5)

30

umgibt, insbesondere coaxial umgibt.

4. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Abschirmung, insbesondere der Flussleitkörper (30), die Detektorspule (5) bis  
auf die Öffnung (5a) für den Wellenleiter (3) sowie wenigstens eine Leiteröffnung  
5 (5b) für die an die Detektorspule (5) angeschlossenen elektrischen Leiter vollständig umschließt.
5. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 die Detektoranordnung (105) keine Stromquelle und keine Stromzufuhr enthält.
6. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Flussleitstück (30) aus einem ferromagnetischen Material mit einer Permeabi-  
15 lität von  $>1$  besteht.
7. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das Flussleitstück (30) aus einer hochpermeablen Legierung, insbesondere aus  
20 Ferrit, besteht.
8. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Wellenleiter (3) von Gleichstrom durchflossen ist.  
25
9. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektoranordnung (105) keinen Magneten, insbesondere keine Biasmagne-  
ten, umfasst.  
30
10. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektoranordnung (105) keine Temperaturkompensation umfasst.

11. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektorspule (5) keinen Stromanschluss besitzt, also ohne Stromzufuhr ar-  
5 beitet.

12. Positionssensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Axialrichtung der Detektorspule (5) mit der Längsrichtung des Wellenleiters (3)  
10 übereinstimmt.

13. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Flussleitkörper (30) im Wesentlichen schalenförmig, insbesondere zylindrisch  
15 geformt ist mit zwei einander in den Stirnseiten gegenüberliegenden Öffnungen  
(5a, 5a') für Ein- und Austritt des Wellenleiters (3) und einer Leiteröffnung (5b)  
zum Durchtritt der elektrischen Leiter zur Detektor-Spule (5) hin, wobei sich die  
Leiteröffnung (5b) insbesondere in der zylindrischen Mantelfläche des Flussleit-  
körpers (30) befindet.

20

14. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der zylindrische Flussleitkörper (30) aus einem topfförmigen Korpus mit einer of-  
fenen Stirnseite und einem auf dieser stirnseitigen Öffnung passenden Deckel  
25 besteht:

15. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
das zylindrische Gehäuse aus zwei halbzylindrischen Schalen besteht.

30

16. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Detektor-Spule (5) eine Toroid-Spule ist.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
axiale Länge der Toroid-Spule mindestens dem Durchmesser ihres freien zentra-  
5 len Durchganges (5a) entspricht, vorzugsweise mindestens doppelt so groß ist.

18. Verfahren nach einem der vorhergehenden Verfahrensansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Toroid-Spule von einem Flussleitkörper (30) umgeben ist, der eine etwa zylind-  
10 rische Form besitzt und vorzugsweise aus zwei Halbschalen besteht, die auf je-  
weils einer Stirnseite geschlossen sind bis auf eine zentrale Durchgangsöffnung  
(5a) analog zur Durchgangsöffnung der Toroid-Spule und deren Kontaktebene  
quer zur Längsachse der Toroid-Spule und des Flussleitkörpers (30) verläuft.

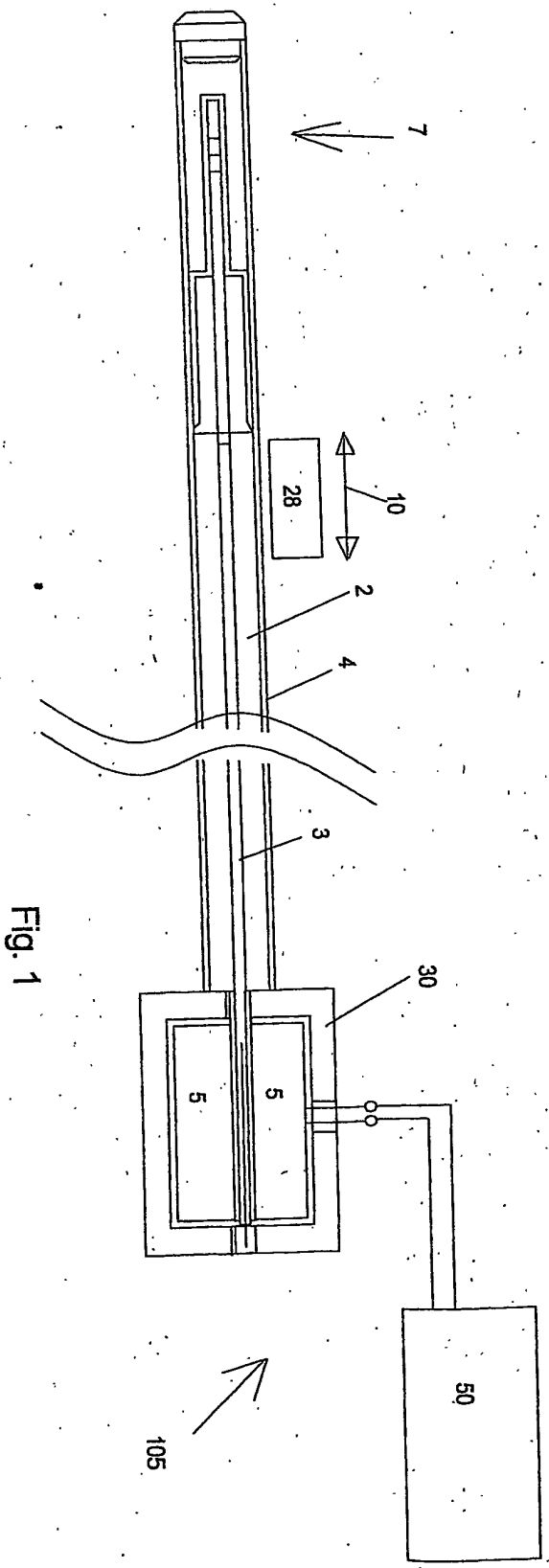


Fig. 1

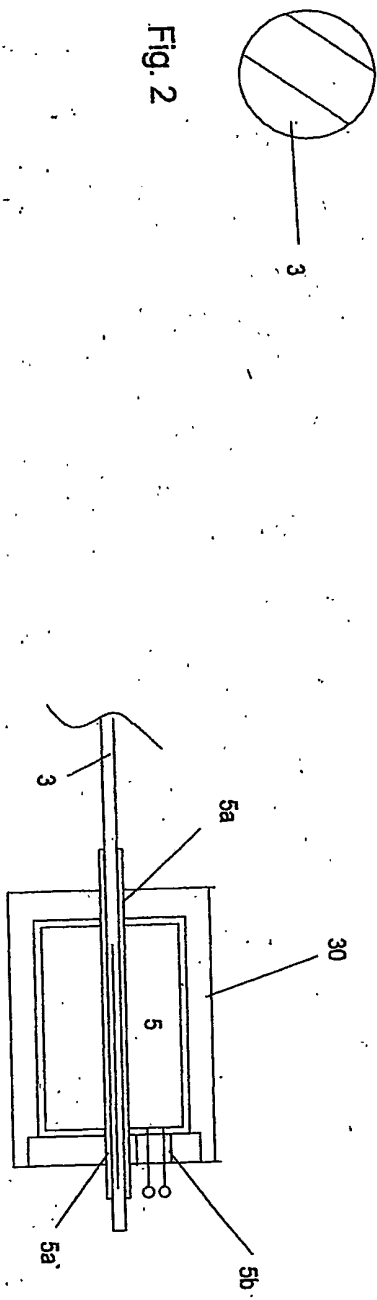


Fig. 2